

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-279887

(43)Date of publication of application : 27.09.2002

(51)Int.Cl.

H01J 1/312

G03G 15/02

(21)Application number : 2001-075549

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 16.03.2001

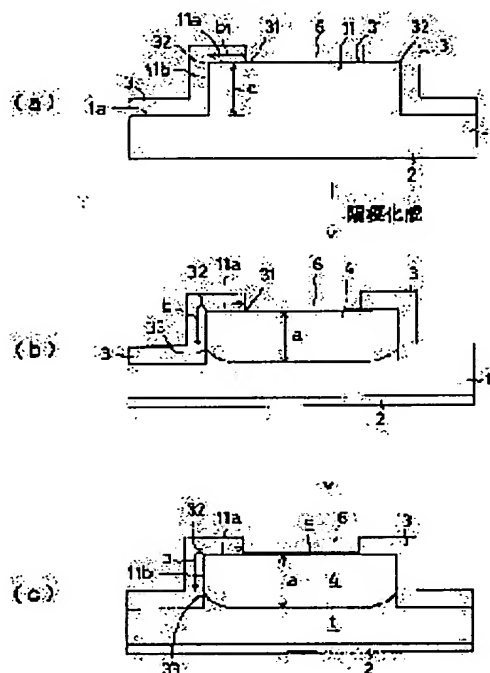
(72)Inventor : SHOJI HIROYOSHI
SUGAWARA TOMOAKI
KONDO HIROSHI

(54) ELECTRON EMISSION ELEMENT AND IMAGE-FORMING DEVICE USING SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve breakdown voltage of an electron emission element which can emit electron stably and with high efficiency and to improve degree of freedom in designing film thickness of a porous silicone layer.

SOLUTION: It is an electron emission element which emits electron into the atmosphere by electron emitting phenomenon from a semiconductor. The surface 1a of a substrate 1 is processed to form a convex portion 11 which is framed in by an insulating thin film 3 with an opening 6 arranged in a selected part of it. The porous silicone layer 4 is formed by oxidization from the opening 6.



CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is an electron emission element which makes electrons emit into the atmosphere by an electron emission phenomenon from a semiconductor, An electron emission element, wherein it is processed into a convex configuration which the surface of a substrate equipped with heights, these heights are surrounded with a dielectric film, this dielectric film has the structure where an opening is provided in a portion as which said heights were chosen and a porous silicon layer is formed by oxidation from this opening.

[Claim 2] The electron emission element according to claim 1, wherein said porous silicon layer is formed by anodization from silicon or polysilicon on said surface of an opening.

[Claim 3] Said substrate. [whether said polysilicon is processed into a convex configuration in a silicon substrate which ** silicon surface is processed into a convex configuration, or polysilicon deposited on ** surface, and] Or the electron emission element according to claim 2 using that by which said polysilicon is processed into a convex configuration in a substrate which a rear electrode and polysilicon deposited on ** insulating substrate.

[Claim 4] The electron emission element according to any one of claims 1 to 3 which is filling $a > b_1$ and $a \leq c$ when a level difference of b_1 and said heights is set to c for distance of a porous silicon layer covered in thickness of said porous silicon layer with said dielectric film from edge of a and said opening to edge of said heights.

[Claim 5] When a level difference of b_1 and said heights is set to c for distance of a porous silicon layer covered in thickness of said porous silicon layer with said dielectric film from edge of a and said opening to edge of said heights, The electron emission element according to any one of claims 1 to 3 which is filling $b_1 = a \sin 45^\circ$ and $a \leq c$.

[Claim 6] When an angle of a side attachment wall of b_1 and said heights and the surface $1a$ of said substrate 1 to make is set to θ_{ad} for distance of a porous silicon layer covered in thickness of said porous silicon layer with said dielectric film from edge of a and said opening to edge of said heights, $a > b_1$, θ_{ad} = the electron emission element according to any one of claims 1 to 4 which is filling 60 degrees – 90 degrees of abbreviation.

[Claim 7] The electron emission element according to any one of claims 1 to 6 which

said dielectric film becomes from polymer resin.

[Claim 8]The electron emission element according to any one of claims 1 to 6 in which said dielectric film is silicon oxide, a silicon nitride film, a silicon oxidation nitride, or a tantalum oxide film.

[Claim 9]An image forming device using the electron emission element according to claim 1 to 8 as an electrifying device.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to the electron emission element used as an electrifying device of image forming devices, such as a copying machine, a printer, and a facsimile.

[0002]

[Description of the Prior Art]Generally in the image forming device of electrophotographing systems, such as a regular paper reproducing unit using electrophotographic technology, a facsimile, and a printer, the corotron electrifying device and the scorotron electrifying device are used. These electrifying devices were electrifying the photo conductor in non-contact using corona discharge, were excellent in electrifying stability, and were the mainstream of the electrifying system. However, a corona-electrical-charging method has many yields of ozone or NO_x, and the contact electrifying system charged in a photo conductor is examined by these days by impressing voltage to a contact electrification machine and contacting this to a photo conductor.

[0003]For example, the roller electrifying system is indicated by JP,5-88507,A, a braid electrifying system is indicated by JP,6-324552,A, and the brush electrifying system is indicated by JP,2-62563,A. While especially these contact electrifying systems can be charged in a photo conductor by the low voltage rather than the corona-electrical-charging method which electrifies a photo conductor in non-contact, the yield of ozone also has about 1 of a corona-electrical-charging method / 100 to 1/500, and a decreasing advantage.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, in a contact electrifying system, the problem of the crack by the contact to a charge body or dirt may occur. When a

pinhole exists in the charge body surface, in order that an electric field may concentrate on a pinhole, the fault that a white omission, a black line, etc. occur in a picture arises.

[0005]Then, these people have already proposed the electrification unit using the electron emission element which consists of a semiconductor provided with the porous silicon layer which such fault does not produce, and the electrophotography device using this (for example, refer to the application-for-patent No. 076511 [2000 to] specification.).

[0006]However, for having big influence on electron emission efficiency, and this reason, the thickness of a porous silicon layer needs to design the ideal anodization depth. In order to acquire fixed element current (Ips), element voltage (Vps) is applied, and also [required] there was a case where pressure-proofing of an element had to be secured, fault occurred depending on the shape of an electron emission element, and it became impossible to desire a free design.

[0007]Then, the purpose of this invention is to raise the flexibility of a design of the improvement in resisting pressure of an electric charge emission element, and the thickness of a porous silicon layer which it is stabilized, is efficient and can emit electrons.

[0008]

[Means for Solving the Problem]In order to solve a problem, the invention according to claim 1, It is an electron emission element which makes electrons emit into the atmosphere by an electron emission phenomenon from a semiconductor, It is processed into a convex configuration which a substrate face equipped with heights, these heights are surrounded with a dielectric film, this dielectric film has the structure where an opening is provided in a portion as which said heights were chosen, and it is an electron emission element, wherein a porous silicon layer is formed by oxidation from this opening.

[0009]The invention according to claim 2 is the electron emission element according to claim 1, wherein said porous silicon layer is formed by anodization from silicon or polysilicon on said surface of an opening.

[0010]The invention according to claim 3 said substrate. [whether ** silicon surface is processed into a convex configuration, and] **. [whether said polysilicon is processed into a convex configuration in a silicon substrate which polysilicon deposited on the surface, and] Or it is the electron emission element according to claim 2 using that by which said polysilicon is processed into a convex configuration in a substrate which a rear electrode and polysilicon deposited on ** insulating

substrate.

[0011]When the invention according to claim 4 sets a level difference of b_1 and said heights to c for distance of a porous silicon layer covered in thickness of said porous silicon layer with said dielectric film from edge of a and said opening to edge of said heights, It is the electron emission element according to any one of claims 1 to 3 which is filling $a > b_1$ and $a \leq c$.

[0012]When the invention according to claim 5 sets a level difference of b_1 and said heights to c for distance of a porous silicon layer covered in thickness of said porous silicon layer with said dielectric film from edge of a and said opening to edge of said heights, It is the electron emission element according to any one of claims 1 to 3 which is filling $b_1 = a \sin 45^\circ$ and $a \leq c$.

[0013]When the invention according to claim 6 sets an angle of a side attachment wall of b_1 and said heights, and the surface $1a$ of said substrate 1 to make to θ for distance of a porous silicon layer covered in thickness of said porous silicon layer with said dielectric film from edge of a and said opening to edge of said heights, $a \geq b_1$, $\theta =$ it is the electron emission element according to any one of claims 1 to 4 which is filling 60 degrees – 90 degrees of abbreviation.

[0014]The invention according to claim 7 is the electron emission element according to claim 1 to 6 which a dielectric film becomes from polymer resin.

[0015]The invention according to claim 8 is the electron emission element according to claim 1 to 6 which a dielectric film becomes from silicon oxide, a silicon nitride film, a silicon oxidation nitride, or a tantalum oxide film.

[0016]The invention according to claim 9 is the image forming device which used the electron emission element according to claim 1 to 8 as an electrifying device.

[0017]

[Embodiment of the Invention]It explains referring to the drawing which used the example about the concrete embodiment of this invention hereafter.

[0018]

[Work example 1]Drawing 1 is an explanatory view for explaining an example of the electron emission element concerning an embodiment of the invention.

[0019]First, as shown in drawing 1 (a), the rear electrode 2 is formed in the rear face of the substrate 1 formed from the semiconductor (Si), for example, low resistance silicon. It has the heights 11 provided with the level difference of the heights which are processed into the surface $1a$ side of this substrate 1 by convex, and are shown with the numerals c . These surface $1a$ and heights 11 are masked with the dielectric film 3, and the opening 6 is formed in the portion as which this dielectric film 3 was chosen.

Since this opening 6 serves as a window (window for anodization) for anodizing, it is produced by the suitable design.

[0020]Silicon oxidizes through this opening 6, and as shown in drawing 1 (b), the porous silicon layer 4 which has the optimal depth (thickness a) is formed. Subsequently, as shown in drawing 1 (c), the thin film electrode 5 is formed in this opening 6, and an electron emission element is formed.

[0021]As such oxidation, rapid thermal oxidation (RTO:Rapid Thermal Oxidation) and oxidation by the chemical method are illustrated. The anodization which used the rear electrode 2 as the anode is illustrated as a desirable method. The porous silicon layer 4 provided with the fine structure by which the semiconductor layer and the insulation layer were laminated by oxidizing in this way is formed.

[0022]It uses the rear electrode 2 as an anode by using a platinum electrode as a negative electrode, using for example, HF (hydrogen fluoride)/ethanol mixture as an electrolysis solution, and anodization is performed by constant current, carrying out an optical exposure to a silicon surface from the opening 6.

[0023]Here, in order that anodization may present isotropy, it goes on to a thickness direction, and also anodization is formed also in the direction (the direction of the surface) prolonged towards the direction of the surface of the undersurface of the dielectric film 3. Thereby, anodization advances also in the direction of the surface only the same distance as the depth (thickness a) in which anodization advances.

[0024]Here, if the surface of a silicon substrate (substrate 1) is a flat surface as shown in drawing 8, the distance (henceforth the surface distance b) by which anodization is carried out in contact with the thickness a and the dielectric film 3 of the porous silicon layer 4 will become almost equal ($a=b$) (if the heights 11 are not formed). Here, if the end in the interface of the porous silicon layer 4 and the dielectric film 3 which anodization is performed and are produced in this drawing 8 and the following explanation is expressed as the porous silicon layer end 33 and explained, the surface distance b will be defined as the distance b from the opening edge 31 to the porous silicon layer end 33.

[0025]If the electron emission element which attaches the thin film electrode 5 from the composition of such drawing 8, and is shown in drawing 7 is formed, the fault that pressure-proofing of the direction of the surface becomes low compared with pressure-proofing of a thickness direction may produce the pressure-proofing between the substrate 1 and the thin film electrode 5. It is thought that this cause is for the portion and reaction of others [discontinuous part] to differ from each other at the time of anodization treatment since the crystallinity of a silicon surface is

discontinuous, and for membraneous quality to change.

[0026]If the distance (henceforth the upper wall distance b_1) from which the upper wall 11a from the open end 31 to the heights edge 32 is insulated is set up here smaller ($a > b_1$) than the optimal thickness a as shown in drawing 2, the distance a_1 from the opening edge 31 to the porous silicon layer end 33 — the thickness a and abbreviation — since it becomes equal, anodization turns around the heights edge 32 from the opening edge 31, and advances in accordance with the side attachment wall 11b. If the distance (henceforth the side-attachment-wall distance c_1) from the heights edge 32 to the porous silicon layer end 33 sets up smaller than the level difference (distance from the heights edge 32 to the surface 1a) c of heights, the porous silicon layer end 33 will be formed in accordance with the side attachment wall 11b. Thereby, in this drawing 2, the surface distance b defined by the distance from the opening edge 31 to the porous silicon layer end 33 serves as the sum ($b = b_1 + c_1$) of the upper wall distance b_1 and the side-attachment-wall distance c_1 , and becomes longer than the thickness a .

[0027]In this case, in the electron emission element provided with the heights 11 shown in drawing 1 or drawing 2, the surface distance b of the porous silicon layer 4 formed under the dielectric film 3 becomes long compared with the electron emission element shown in drawing 8, and pressure-proofing between the substrate 1 and the thin film electrode 5 increases.

[0028]That is, the improvement in resisting pressure of an electron emission element is expected by filling $a > b_1$ and $a \leq c$ in each of the thickness a of the porous silicon layer 4, the upper wall distance b_1 , and the heights level difference c . It becomes possible by setting up in this way to improve the flexibility of a design of the improvement in resisting pressure of an electric charge emission element, and the thickness of a porous silicon layer which it is stabilized, is efficient and can emit electrons.

[0029]According to the electrification unit which has such an electron emission element. For example, like the electrification unit written in the application-for-patent No. 076511 [2000 to] specification, and the electrophotography device using this, Electrification which does not generate discharge products, such as ozone, at all is attained, and it becomes possible to apply to the image recorder which has an electrifying device of image recorders, such as a copying machine, a printer, and a facsimile, and an electrifying device.

[0030]The mechanism of the electron emission of this electron emission element is shown in drawing 5 and drawing 6. As shown in this drawing 5, the electron near [in

the semiconductor in a porous silicon layer] the Fermi level penetrates a potential barrier according to tunneling, and is poured in to an insulation layer. This is high resistance, since the big electric potential gradient has arisen, it is accelerated there, and is poured in to the conductor of a thin film electrode, and serves as a hot electron. In order for this electric potential gradient to contribute to the energy of electron emission, as for the thickness of an insulation layer, below a predetermined value needs to carry out, and it is necessary to make impressed electromotive force beyond a predetermined value.

[0031] Generally more than it of the thickness of an insulation layer is required for less than it and impressed electromotive force from about 10V from about several micrometers. What has the energy more than the work function ϕ of the thin film electrode 5 among the hot electrons generated inside these elements tunnels this electrode, has predetermined kinetic energy in the element exterior, and is emitted to it. This thin film electrode needs to form by the thickness of the range which does not prevent an electron from tunneling, and is generally tens of nm or less.

[0032] As shown in drawing 6, in silicon (semiconductor material), two or more fine structures which consist of a silicon oxide layer as the silicon (Si) layer and insulation layer as a semiconductor layer are formed. In this case, in order that an electron may tunnel the inside of this fine structure many times, electronic drift length is extended and it is thought that an electron hot-electron-izes and is emitted outside easily. This phenomenon is forming the porosity semiconductor layer (porous silicon layer 4) of nm order in that surface, and it is supposed that an electron emission characteristic improves it by leaps and bounds by multi stage story acceleration of such an electron so that it may be represented by porous silicon.

[Shape of heights] In an above embodiment, although not touched by the details of the shape of heights, it becomes possible by designing the shape of heights the optimal to improve pressure-proofing of the direction of the surface.

[0033] In drawing 2, the distance (surface distance) to the porous silicon layer end 33 from a1 and the opening edge 31 for the distance from a and the open end 31 to the porous silicon layer end 33 b, [the thickness of the porous silicon layer 4] The level difference (distance from the heights edge 32 to the surface 1a) of b1 and heights for the upper wall distance from the open end 31 to the heights edge 32 c, The angle (erosion angle) of the straight line which goes the side-attachment-wall distance from the heights edge 32 to the porous silicon layer end 33 to the porous silicon layer end 33 from c1 and the opening edge 31, and the upper wall side 11a of the heights 11 to make theta, If the angle (set-up angle) of the side attachment wall 11b of the heights

11 and the surface 1a of the substrate 1 to make is set to θ_{ad} , the thickness a , the distance a_1 , the surface distance b , the upper wall distance b_1 , the heights level difference c , the side-attachment-wall distance c_1 , and the erosion angle θ fulfill the following conditions.

[0034] $a=a_1$ $a>b_1$ $a\leq c$ $b=b_1+c_1$ $\theta=\cos^{-1}a_1/b_1=\cos^{-1}a/b$ $c_1=\sin\theta a$ $a_1=\sin\theta a$ -- this time -- the ratio of the surface distance b and the thickness a -- that $b/a=(b_1+c_1)/a$ becomes the maximum is a case where the erosion angle θ is 45 degrees. By that is, the thing set up so that $a\leq c$ may be filled and an erosion angle may be 45 degrees ($b_1=a\sin 45^\circ$) from the opening edge 31 about the upper wall distance b_1 to the heights edge 32, if the optimum thicknesses a of the porous silicon layer 4 are set up. The surface distance b ($=b_1+c_1$) serves as about 1.4 times and the maximum of the thickness a of the porous silicon layer 4, and pressure-proofing also serves as the maximum.

[0035] Next, if set-up angle θ_{ad} is shaken to θ_{ad1} (obtuse angle) to θ_{ad2} (right-angled), and θ_{ad3} (obtuse angle) where the upper wall distance b_1 is fixed as shown in drawing 3, Since the point (porous silicon layer end 33) which touches the insulation film 3 changes the porous silicon layer 4 to 331-333 according to the set-up angle θ_{ad1} to θ_{ad3} , the side-attachment-wall distance c_1 increases from c_{11} to c_{13} . That is, it turns out that the length of the side-attachment-wall distance c_{33} becomes easy [securing increase and its part pressure-proofing], so that set-up angle θ_{ad} becomes an acute angle (θ_{ad3}).

[0036] Here, if set-up angle θ_{ad} shall be 60 degrees, as shown in drawing 4, the distance a_1 ($=$ thickness a) from the open end 31 to the porous silicon layer end 33, the upper wall distance b_1 , and the side-attachment-wall distance c_1 can set it as a respectively equal equilateral triangle. the ratio of the thickness a of the porous silicon layer 4 in this case to the surface distance b ($=b_1+c_1$) -- $b/a=(b_1+c_1)/a$ is set to 2 and it becomes possible to secure sufficient pressure-proofing.

[0037] In order to make the heights 11 from such set-up angle θ_{ad} to the substrate 1, it is possible to produce by using the anisotropic etching of dry etching (RIE etc.). For example, etching gas can be made into mixed gas, such as SF_6+CCl_4 (carbon tetrachloride), and set-up angle θ_{ad} can be processed into an acute angle and an obtuse angle by changing the gas ratio. If it is considered as the mixed gas of $\text{SF}_6:\text{CCl}_4=27:3$ (volume ratio) and etches by RF power 300W, set-up angle θ_{ad} will become almost vertical, but if the flow of CCl_4 is reduced, set-up angle θ_{ad} becomes an acute angle. It is possible to process set-up angle θ_{ad} into arbitrary angles because this chooses a gas mass flow ratio.

[0038] Thereby, by filling $a \geq b_1$, $\theta = 60^\circ - 90^\circ$ of abbreviation, the optimal thickness a and the upper wall distance b_1 of the porous silicon layer 4, and set-up angle θ can take the surface distance b long enough, and can secure the part pressure-proofing.

[0039]

[Work example 2] In this example 2, the substrate 1 (substrate of a silicon substrate / polysilicon composition) which is from the silicon which has a polysilicon layer on a surface side is used. The polysilicon layer of this substrate 1 is processed into a convex shape, the heights 11 are surrounded with the dielectric film 3, and the opening 6 is formed in the portion as which that dielectric film 3 was chosen. Since this opening 6 serves as a window for anodizing, it is produced by suitable design.

[0040] Letting the opening 6 by which the opening was carried out to the dielectric film 3 pass -- a polysilicon layer (heights 11) -- anodization -- it oxidizes and the porosity polysilicon layer 4 is formed in these heights 11. Here, since the rear face of this substrate 1 serves as an electrode, it is necessary to make resistivity small, but the resistivity of polysilicon used as the porosity polysilicon layer 4 needs to use suitable resistance from the relation of the current-pressure value at the time of anodization.

[0041] According to this example 2, it becomes the substrate 1 of resistivity boiled mutually, respectively by using the substrate of a silicon substrate / polysilicon composition, and it becomes possible to raise the efficiency of an electric charge emission element. Also in the electric charge emission element of such composition, since pressure-proofing between the substrate 1 and the thin film electrode 5 is securable by providing heights, it becomes possible to realize an electric charge emission element with high efficiency.

[0042]

[Work example 3] In this example 3, the substrate face (polysilicon surface) of composition of consisting of an insulating substrate / a rear electrode / polysilicon is processed into a convex shape, heights are surrounded with the dielectric film 3, and the dielectric film 3 has the structure where the opening 6 is formed in the selected portion. Since this opening 6 serves as a window for anodizing, it is produced by suitable design.

[0043] A polysilicon part is given to anodization and oxidation through the opening 6 by which the opening was carried out to the dielectric film 3, and the porosity polysilicon layer 4 is formed.

[0044] It becomes possible to attain large area-ization by having such composition, for example, to also produce the thing corresponding to the A4 version or the A3 version

by one.

[0045]Also in the electron emission element of such composition, since pressure-proofing between a rear electrode and a thin film electrode is securable by providing heights, it becomes possible to realize an electron emission element with high efficiency.

[0046]

[Work example 4]This example is an example which forms the dielectric film 3 with polymer resin. It is insoluble to acid or an organic solvent, and adhesion with silicon is size, the insulating pressure-proofing of the characteristic for which the dielectric film 3 is asked is high, and what has few degradation with the passage of time is good.

[0047]That etc. by which such polymer resin gave photosensitivity to polyimide resin, for example like Foto Nice (trade name: Toray Industries) are mentioned. Since photosensitive polyimide resin can be patterned according to a photolitho step, mass production nature is excellent. Polyimide resin is used also as a passivation film of a semiconductor chip, and since it can prevent osmosis of moisture, etc., it can prevent degradation of an element.

[0048]Below, an example of a manufacturing method is shown.

[0049]1. Produce heights to a silicon substrate.

[0050]2. Apply polymer resin and open the window which becomes the portion which the heights 11 chose from the opening 6 by using the circumference as the insulation film 3.

[0051]3. Perform anode-izing and oxidation from a window and produce the porous silicon layer 4.

[0052]4. Carry out thin film electrode formation at the opening 6.

[0053]5. Form the rear electrode 2 in the rear face of a substrate.

[0054]Although the process of 1-5 is a process of making a silicon substrate into the porous silicon layer 4, when it is large area-ization, the formation processes of the rear electrode of 5. only differ, and other processes can be performed similarly.

[0055]Thus, since an application process can use spinner spreading and spray coating if the dielectric film 3 is used as polymer resin, a thing [acute angle / as shown in drawing 4 / the bottom of heights and the angle (set-up angle) of a side attachment wall] can also form the good dielectric film 3 of covering nature.

[0056]

[Work example 5]This example 5 is an example which used the dielectric film 3 as one film of silicon oxide, a silicon nitride film, a silicon oxidation nitride, and a tantalum oxide film.

[0057]When using polymer resin as the dielectric film 3, since the temperature applied to the dielectric film 3 is at most about 400 **, it can use only oxidation by a chemical method for oxidation after an anode chemically-modified degree. Other oxidation methods include rapid thermal oxidation (RTO:Rapid Thermal Oxidation), and, as for this rapid thermal oxidation, oxidation under the temperature of 900 ** – about 1000 ** is performed.

[0058]It becomes the dielectric film 3 which can bear the dielectric film 3 also at such high temperature by having considered it as one film of silicon oxide, a silicon nitride film, a silicon oxidation nitride, and a tantalum oxide film. Since these dielectric films 3 can be formed by each by weld slag, set-up angle θ of the bottom of heights and a side attachment wall as shown in drawing 4 becomes the dielectric film 3 also with an acute angle thing sufficient [covering nature].

[0059]The electron emission element formed of the above is applicable to the electrification unit of image forming devices, such as an electrophotography device. Since this electrification unit is smaller than electrifying devices, such as a corotron electrifying device, a scorotron electrifying device or a roller electrifying device, and a brush electrifying device (especially thickness can be made thin), miniaturization of the electrophotography device itself is realizable by using such an electrification unit for electrification of a photo conductor.

[0060]Since it becomes possible since electrifying efficiency is high as compared with other electrifying devices to also make a power supply small, it becomes possible to realize low cost-ization. Since neither ozone nor NO_x is generated, it not only does not have the bad influence on a human body, but it can provide an electrophotography device automatically gentle to.

[0061]

[Effect of the Invention]According to the invention according to claim 1, a silicon surface is processed into a convex configuration and heights are surrounded with a dielectric film, The dielectric film has the structure where the opening is provided in the portion as which heights were chosen, and since a porous silicon layer is formed by anodization from an opening, it can improve the flexibility of a design while pressure-proofing of the direction of the surface of a porous silicon layer is secured.

[0062]According to the invention according to claim 2, the porous silicon layer according to claim 1 can be formed by anodization from the silicon or polysilicon on said surface of an opening.

[0063]According to the invention according to claim 3, the substrate according to claim 2, **. [whether said polysilicon is processed into the convex configuration in the

silicon substrate which the silicon surface is processed into the convex configuration, or polysilicon deposited on ** surface, and] Or that by which said polysilicon is processed into the convex configuration in the substrate which a rear electrode and polysilicon deposited on ** insulating substrate can be used.

[0064]When the level difference of b1 and heights is set to c for the distance of the porous silicon layer covered in the thickness of the porous silicon layer with said dielectric film from the edge of a and an opening to the edge of heights according to the invention according to claim 4, By having considered it as the electron emission element according to claim 1 to 3 which is filling $a > b1$ and $a \leq c$, while pressure-proofing of the direction of the surface of a porous silicon layer is secured, the flexibility of a design can be improved.

[0065]When the level difference of b1 and heights is set to c for the distance of the porous silicon layer covered in the thickness of the porous silicon layer with said dielectric film from the edge of a and an opening to the edge of heights according to the invention according to claim 5, By having considered it as the electron emission element according to claim 1 to 3 which is filling $b1 = a \sin 45^\circ$ and $a \leq c$, while pressure-proofing of the direction of the surface of a porous silicon layer is secured, the flexibility of a design can be improved.

[0066]When the bottom of b1 and heights and the angle of a side attachment wall are set to θ for the distance of the porous silicon layer covered in the thickness of the porous silicon layer with said dielectric film from the edge of a and an opening to the edge of heights according to the invention according to claim 6, $a \geq b1$, $\theta =$ by having considered it as the electron emission element according to claim 1 to 4 which is filling 60 degrees – 90 degrees of abbreviation, while pressure-proofing of the direction of the surface of a porous silicon layer is secured, the flexibility of a design can be improved.

[0067]According to the invention according to claim 7, since it is the electron emission element according to claim 1 to 6 which consists of polymer resin, a dielectric film is excellent in the deterioration prevention of an element, and it fits mass production nature.

[0068]According to the invention according to claim 8, since the dielectric film can improve heat resistance by having considered it as the electron emission element according to claim 1 to 6 which consists of silicon oxide, a silicon nitride film, a silicon oxidation nitride, or a tantalum oxide film, it can increase the selected finger of the oxidation technique.

[0069]According to the invention according to claim 9, by having considered it as the

image forming device using the electron emission element according to claim 1 to 8 as an electrifying device, since the miniaturization of a device is realizable and ozone and NO_x do not occur, an image forming device gentle to nature can be provided.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing 1 (a) – (c) is a figure explaining the composition of the electron emission element concerning an embodiment of the invention.

[Drawing 2] It is the elements on larger scale explaining the composition of the electron emission element concerning an embodiment of the invention.

[Drawing 3] It is the elements on larger scale explaining the porous silicon layer of the electron emission element concerning an embodiment of the invention.

[Drawing 4] It is the elements on larger scale explaining the porous silicon layer of the electron emission element concerning an embodiment of the invention.

[Drawing 5] It is a figure explaining the electron emission mechanism of the electron emission element concerning an embodiment of the invention.

[Drawing 6] It is a figure explaining the electron emission mechanism of the electron emission element concerning an embodiment of the invention.

[Drawing 7] It is a figure explaining the composition of the electron emission element which is compared.

[Drawing 8] It is the elements on larger scale explaining the porous silicon layer of the electron emission element of drawing 7.

[Description of Notations]

1 Substrate (silicon substrate)

1a Surface

2 Rear electrode

3 Dielectric film

4 Porous silicon layer

5 Thin film electrode

6 Opening (window for anodization)

11 Heights

11b Side attachment wall

31 Opening edge

32 Heights edge

33 Porous silicon layer end

a (=a1) Thickness

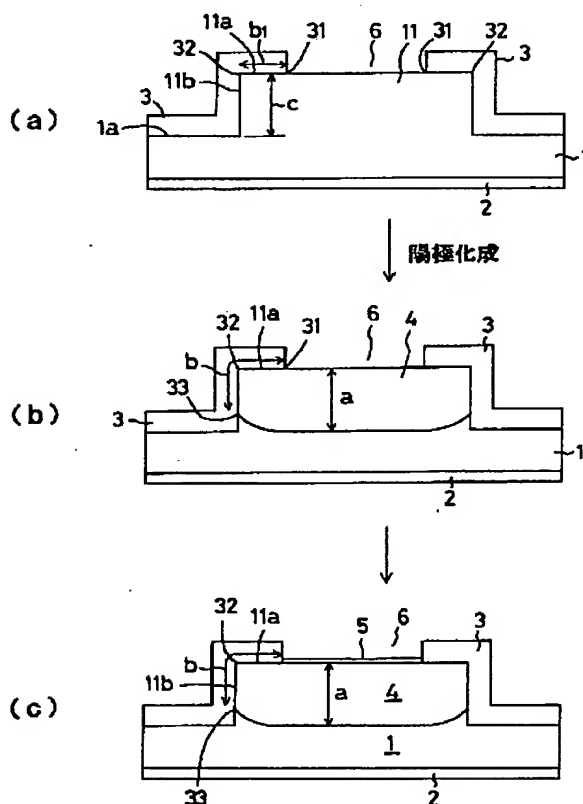
b Surface distance

b1 Upper wall distance

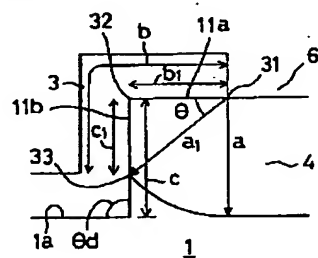
c Heights level difference
c1 Side-attachment-wall distance
theta Erosion angle
thetad Set-up angle

DRAWINGS

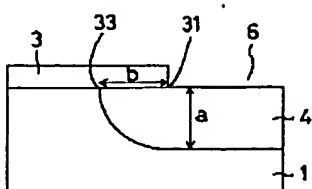
[Drawing 1]



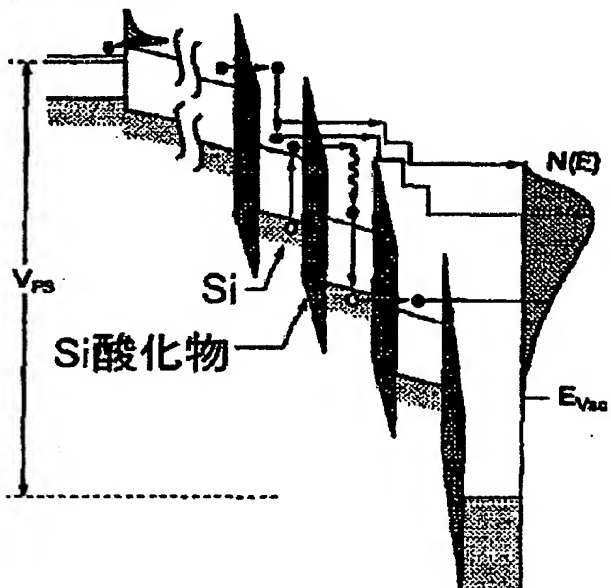
[Drawing 2]



[Drawing 8]



[Drawing 6]



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-279887
(P2002-279887A)

(43)公開日 平成14年9月27日(2002.9.27)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 1 J 1/312		G 0 3 G 15/02	1 0 1 2 H 2 0 0
G 0 3 G 15/02	1 0 1	H 0 1 J 1/30	M

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2001-75549(P2001-75549)
(22)出願日 平成13年3月16日(2001.3.16)

(71)出願人 000006747
株式会社リコー
東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(72)発明者 庄子 浩義
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内
(72)発明者 菅原 智明
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内
(74)代理人 100082670
弁理士 西脇 民雄

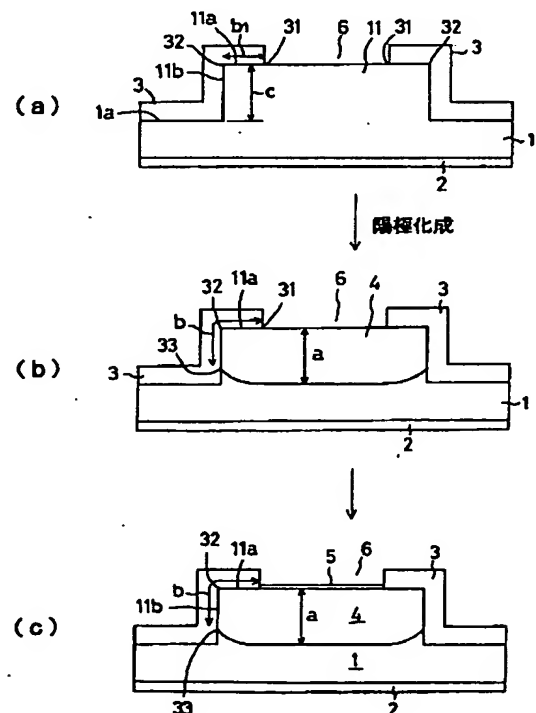
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電子放出素子及びそれを用いた画像形成装置

(57)【要約】

【課題】 電子を安定して高効率で放出できる電荷放出素子の耐圧向上と多孔質シリコン層の膜厚の設計の自由度を向上させること。

【解決手段】 半導体からの電子放出現象により大気中に電子を放出させる電子放出素子である。基板1の表面1aが凸部11を備えた凸形状に加工され、その凸部11が絶縁性薄膜3にて囲まれ、その絶縁性薄膜3は凸部11の選択された部分に開口部6が設けられている構造を有している。その開口部6からの酸化によって多孔質シリコン層4が形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体からの電子放出現象により大気中に電子を放出させる電子放出素子であり、基板の表面が凸部を備えた凸形状に加工され、該凸部が絶縁性薄膜にて囲まれ、該絶縁性薄膜は前記凸部の選択された部分に開口部が設けられている構造を有しており、該開口部からの酸化によって多孔質シリコン層が形成されていることを特徴とする電子放出素子。

【請求項 2】 前記多孔質シリコン層は、前記開口部表面のシリコン又はポリシリコンからの陽極酸化により形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の電子放出素子。

【請求項 3】 前記基板は、①シリコン表面が凸形状に加工されているか、②表面にポリシリコンが堆積されたシリコン基板において前記ポリシリコンが凸形状に加工されているか、又は③絶縁性基板上に裏面電極及びポリシリコンが堆積された基板において前記ポリシリコンが凸形状に加工されているものを用いることを特徴とする請求項 2 記載の電子放出素子。

【請求項 4】 前記多孔質シリコン層の膜厚を a 、前記開口部のエッジから前記凸部のエッジまでの前記絶縁性薄膜で覆われた多孔質シリコン層の距離を b_1 、前記凸部の段差を c とした場合、 $a > b_1$ 、 $a \leq c$ を満たしている請求項 1～請求項 3 のいずれかに記載の電子放出素子。

【請求項 5】 前記多孔質シリコン層の膜厚を a 、前記開口部のエッジから前記凸部のエッジまでの前記絶縁性薄膜で覆われた多孔質シリコン層の距離を b_1 、前記凸部の段差を c とした場合、 $b_1 = a \times \sin 45^\circ$ 、 $a \leq c$ を満たしている請求項 1～請求項 3 のいずれかに記載の電子放出素子。

【請求項 6】 前記多孔質シリコン層の膜厚を a 、前記開口部のエッジから前記凸部のエッジまでの前記絶縁性薄膜で覆われた多孔質シリコン層の距離を b_1 、前記凸部の側壁と前記基板 1 の表面 1a とのなす角度を θ_d とした場合、 $a \geq b_1$ 、 $\theta_d = 60^\circ \sim 90^\circ$ を満たしている請求項 1～請求項 4 のいずれかに記載の電子放出素子。

【請求項 7】 前記絶縁性薄膜は高分子樹脂からなる請求項 1～請求項 6 のいずれかに記載の電子放出素子。

【請求項 8】 前記絶縁性薄膜はシリコン酸化膜、シリコン窒化膜、シリコン酸化窒化膜又は酸化タンタル膜である請求項 1～請求項 6 のいずれかに記載の電子放出素子。

【請求項 9】 請求項 1～請求項 8 記載の電子放出素子を帯電器として用いた画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は複写機、プリンタ、ファクシミリ等の画像形成装置の帯電器として用いられ

る電子放出素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 電子写真技術を利用した普通紙複写装置、ファクシミリ、プリンタ等の電子写真方式の画像形成装置においては、一般にコロトロン帯電器及びスコロトロン帯電器が使用されている。これらの帯電器はコロナ放電を利用して感光体を非接触で帯電させており、帯電安定性に優れ、帯電方式の主流であった。しかし、コロナ帯電方式はオゾンや NO_x の発生量が多く、最近では電圧を接触帯電器に印加してこれを感光体に接触させることにより感光体を帯電する接触帯電方式が検討されている。

【0003】 例えば、特開平 5-88507 号公報ではローラー帯電方式が記載されており、特開平 6-324552 号公報ではブレード帯電方式が記載され、特開平 2-62563 号公報ではブラシ帯電方式が記載されている。これらの接触帯電方式は、特に感光体を非接触で帯電させるコロナ帯電方式よりも低電圧で感光体を帯電できるとともにオゾンの発生量もコロナ帯電方式の $1/100 \sim 1/500$ 程度と少なくなる利点がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、接触帯電方式では被帯電体への接触による傷や汚れの問題が発生する場合がある。また、被帯電体表面にピンホールが存在した場合には、電界がピンホールに集中するため画像に白抜けや黒筋等が発生するという不具合が生じる。

【0005】 そこで、本出願人は、このような不具合の生じない多孔質シリコン層を備えた半導体からなる電子放出素子を用いた帯電装置、及びこれを用いた電子写真装置をすでに提案している（例えば、特願 2000-076511 号明細書参照。）。

【0006】 しかしながら、多孔質シリコン層の膜厚は電子放出効率に大きな影響を与えること、また、このため理想的な陽極化成深さを設計する必要がある。さらに、一定な素子電流 (I_{ps}) を得るために素子電圧 (V_{ps}) をかける必要上、素子の耐圧を確保しなければならず、電子放出素子の形状によっては不具合が発生し、自由な設計が望めなくなる場合があった。

【0007】 そこで、本発明の目的は、電子を安定して高効率で放出できる電荷放出素子の耐圧向上と多孔質シリコン層の膜厚の設計の自由度を向上させることである。

【0008】

【課題を解決するための手段】 問題を解決するため、請求項 1 記載の発明は、半導体からの電子放出現象により大気中に電子を放出させる電子放出素子であり、基板表面が凸部を備えた凸形状に加工され、該凸部が絶縁性薄膜にて囲まれ、該絶縁性薄膜は前記凸部の選択された部分に開口部が設けられている構造を有しており、該開口部からの酸化によって多孔質シリコン層が形成されてい

ることを特徴とする電子放出素子である。

【0009】請求項2記載の発明は、前記多孔質シリコン層は、前記開口部表面のシリコン又はポリシリコンからの陽極酸化により形成されていることを特徴とする請求項1記載の電子放出素子である。

【0010】請求項3記載の発明は、前記基板は、①シリコン表面が凸形状に加工されているか、②表面にポリシリコンが堆積されたシリコン基板において前記ポリシリコンが凸形状に加工されているか、又は③絶縁性基板上に裏面電極及びポリシリコンが堆積された基板において前記ポリシリコンが凸形状に加工されているものを用いることを特徴とする請求項2記載の電子放出素子である。

【0011】請求項4記載の発明は、前記多孔質シリコン層の膜厚を a 、前記開口部のエッジから前記凸部のエッジまでの前記絶縁性薄膜で覆われた多孔質シリコン層の距離を b_1 、前記凸部の段差を c とした場合、 $a > b_1$ 、 $a \leq c$ を満たしている請求項1～請求項3のいずれかに記載の電子放出素子である。

【0012】請求項5記載の発明は、前記多孔質シリコン層の膜厚を a 、前記開口部のエッジから前記凸部のエッジまでの前記絶縁性薄膜で覆われた多孔質シリコン層の距離を b_1 、前記凸部の段差を c とした場合、 $b_1 = a \times \sin 45^\circ$ 、 $a \leq c$ を満たしている請求項1～請求項3のいずれかに記載の電子放出素子である。

【0013】請求項6記載の発明は、前記多孔質シリコン層の膜厚を a 、前記開口部のエッジから前記凸部のエッジまでの前記絶縁性薄膜で覆われた多孔質シリコン層の距離を b_1 、前記凸部の側壁と前記基板1の表面1aとのなす角度を θd とした場合、 $a \geq b_1$ 、 $\theta d = 60^\circ \sim 90^\circ$ を満たしている請求項1～請求項4のいずれかに記載の電子放出素子である。

【0014】請求項7記載の発明は、絶縁性薄膜は高分子樹脂からなる請求項1～請求項6記載の電子放出素子である。

【0015】請求項8記載の発明は、絶縁性薄膜はシリコン酸化膜、シリコン窒化膜、シリコン酸化窒化膜、酸化タンタル膜のいずれかからなる請求項1～請求項6記載の電子放出素子である。

【0016】請求項9記載の発明は、請求項1～請求項8記載の電子放出素子を帯電器として用いた画像形成装置である。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の具体的な実施の形態について実施例を用いた図面を参照しつつ説明する。

【0018】

【実施例1】図1は本発明の実施の形態に係る電子放出素子の一例を説明するための説明図である。

【0019】まず、図1(a)に示すように、半導体、例えば、低抵抗なシリコン(Si)から形成された基板

1の裏面に裏面電極2が形成されている。この基板1の表面1a側には凸状に加工され符号cで示される凸部の段差を備えた凸部11を有している。この表面1aおよび凸部11は絶縁性薄膜3にてマスキングされており、この絶縁性薄膜3は選択された部分に開口部6が形成されている。この開口部6は、陽極酸化するための窓(陽極酸化用窓)となるため、適切な設計によって作製されている。

【0020】この開口部6を通してシリコンが酸化されて、図1(b)に示すように、最適深さ(厚み a)を有する多孔質シリコン層4が形成される。ついで、図1(c)に示すように、この開口部6には薄膜電極5が形成されて電子放出素子が形成される。

【0021】このような酸化としては、急速熱酸化(RTO: Rapid Thermal Oxidation)や化学的方法による酸化が例示される。また、裏面電極2を正極とした陽極化成が好ましい方法として例示される。このように酸化することで半導体層と絶縁体層とが積層された微細構造を備えた多孔質シリコン層4が形成される。

【0022】陽極化成は、電解液としてたとえばHF(フッ化水素)/エタノール混合液を用い、白金電極を負極、裏面電極2を正極として、開口部6からシリコン表面に光照射を行いながら定電流で行われる。

【0023】ここで、陽極化成は等方性を呈するため、膜厚方向に進行するほか、絶縁性薄膜3の下面の表面方向に向けて延びる方向(表面方向)にも陽極化成が形成される。これにより、陽極化成が進行される深さ(膜厚 a)と同じ距離だけ表面方向にも陽極化成が進行される。

【0024】ここで、図8に示すように、シリコン基板(基板1)の表面が平面であれば(凸部11が形成されていなければ)、多孔質シリコン層4の膜厚 a と絶縁性薄膜3に接して陽極化成される距離(以下、表面距離 b という)はほぼ等しく($a = b$)なる。ここで、この図8および以下の説明で、陽極化成が行われて生じる多孔質シリコン層4と絶縁性薄膜3との界面における末端を多孔質シリコン層端33と表現して説明すると、表面距離 b は開口部端31から多孔質シリコン層端33までの距離 b と定義される。

【0025】このような図8の構成から薄膜電極5を付して図7に示す電子放出素子を形成したのでは、基板1と薄膜電極5間の耐圧は、膜厚方向の耐圧に比べ表面方向の耐圧が低くなるという不具合が生じる場合がある。この原因は、シリコン表面の結晶性が不連続であるため、陽極化成処理時に不連続部分が他の部分と反応が異なり、膜質が変化するためであると考えられる。

【0026】ここで、図2に示すように、開口部端31から凸部エッジ32までの上壁11aが絶縁される距離(以下、上壁距離 b_1 という)を最適膜厚 a よりも小さく($a > b_1$)設定すれば、開口部端31から多孔質

シリコン層端33までの距離 a_1 は膜厚 a と略等しくなるので、陽極化は開口部端31から凸部エッジ32を回り込んで側壁11bに沿って進行される。また、凸部エッジ32から多孔質シリコン層端33までの距離（以下、側壁距離 c_1 という）が凸部の段差（凸部エッジ32から表面1aまでの距離） c よりも小さく設定すれば、多孔質シリコン層端33は側壁11bに沿って形成される。これにより、この図2において、開口部端31から多孔質シリコン層端33までの距離で定義される表面距離 b は、上壁距離 b_1 と側壁距離 c_1 との和（ $b = b_1 + c_1$ ）となり、膜厚 a よりも長くなる。

【0027】この場合、図1又は図2に示す凸部11を備えた電子放出素子では、絶縁性薄膜3下に形成された多孔質シリコン層4の表面距離 b が図8に示す電子放出素子に比べて長くなり、基板1と薄膜電極5間の耐圧が増大される。

【0028】すなわち、多孔質シリコン層4の膜厚 a 、上壁距離 b_1 および凸部段差 c の各々を、 $a > b_1$ 、 $a \leq c$ を満たすことにより、電子放出素子の耐圧向上が期待される。また、このように設定することにより、電子を安定して高効率で放出できる電荷放出素子の耐圧向上と多孔質シリコン層の膜厚の設計の自由度を向上することが可能となる。

【0029】また、このような電子放出素子を有する帯電装置によれば、例えば、特願2000-076511号明細書に記載されている帯電装置及びこれを用いた電子写真装置と同様に、オゾンなどの放電生成物を全く発生しない帯電が可能となり、複写機、プリンタ、ファクシミリ等の画像記録装置の帯電器、及び帯電器を有する画像記録装置に応用することが可能となる。

【0030】この電子放出素子の電子放出のメカニズムは図5及び図6に示されている。この図5に示すように、多孔質シリコン層中の半導体中のフェルミ準位近傍の電子がトンネル現象によりポテンシャル障壁を透過して絶縁体層へ注入される。これは高抵抗であり大きな電位勾配が生じているため、そこで加速されて薄膜電極の伝導体へ注入されホットエレクトロンとなる。この電位勾配が電子放出のエネルギーに寄与するため、絶縁体層の膜厚は所定値以下、印加電圧は所定値以上とする必要がある。

【0031】一般には絶縁体層の膜厚は数 μm 程度からそれ以下、印加電圧は10V程度からそれ以上が必要である。これら素子内部で生成したホットエレクトロンのうち、薄膜電極5の仕事関数 Φ 以上のエネルギーを有するものはこの電極をトンネルし、素子外部に所定の運動エネルギーを有して放出される。この薄膜電極は電子がトンネルすることを妨げることのない範囲の膜厚で形成することが必要であり、一般的には数十nm以下である。

【0032】図6に示すように、シリコン（半導体材

料）では、半導体層としてのシリコン（Si）層と絶縁体層としてのシリコン酸化物層とからなる微細構造が複数形成されている。この場合、この微細構造の中を電子が多数回トンネルするために、電子のドリフト長が伸び易に電子がホットエレクトロン化して外部に放出されたと考えられている。この現象はポーラスシリコンに代表されるように、その表面にnmオーダーの多孔質半導体層（多孔質シリコン層4）を形成することで、このような電子の多段階加速により電子放出特性が飛躍的に向上するとされている。

【凸部の形状】以上の実施の形態では、凸部の形状の詳細に触れられていなかったが、凸部の形状を最適に設計することにより、表面方向の耐圧を向上することが可能となる。

【0033】図2において、多孔質シリコン層4の膜厚を a 、開口部端31から多孔質シリコン層端33までの距離を a_1 、開口部端31から多孔質シリコン層端33までの距離（表面距離）を b 、開口部端31から凸部エッジ32までの上壁距離を b_1 、凸部の段差（凸部エッジ32から表面1aまでの距離）を c 、凸部エッジ32から多孔質シリコン層端33までの側壁距離を c_1 、開口部端31から多孔質シリコン層端33に向かう直線と凸部11の上壁面11aとのなす角度（侵食角度）を θ 、凸部11の側壁11bと基板1の表面1aとのなす角度（立設角度）を θ_d とすると、膜厚 a 、距離 a_1 、表面距離 b 、上壁距離 b_1 、凸部段差 c 、側壁距離 c_1 、侵食角度 θ は次の条件を満たしている。

【0034】 $a = a_1$

$a > b_1$

$a \leq c$

$b = b_1 + c_1$

$\theta = \cos^{-1} \times a_1 / b_1 = \cos^{-1} \times a / b_1$

$c_1 = \sin \theta \times a_1 = \sin \theta \times a$

このとき、表面距離 b と膜厚 a との比 $b/a = (b_1 + c_1)/a$ が最大となるのは侵食角度 θ が 45° の場合である。つまり、多孔質シリコン層4の最適膜厚 a を設定したら、 $a \leq c$ を満たし、かつ、開口部端31から凸部エッジ32までの上壁距離 b_1 を侵食角度が 45°

（ $b_1 = a \times \sin 45^\circ$ ）になるように設定することで、表面距離 $b (= b_1 + c_1)$ は多孔質シリコン層4の膜厚 a の約1.4倍と最大となり、耐圧も最大となる。

【0035】次に、図3に示すように、上壁距離 b_1 を固定した状態で立設角度 θ_d を θ_{d1} （鈍角）から θ_{d2} （直角）、 θ_{d3} （鈍角）へと振ると、多孔質シリコン層4が絶縁薄膜3に接する点（多孔質シリコン層端33）はその立設角度 $\theta_{d1} \sim \theta_{d3}$ に応じて331～333に変わってくるため、側壁距離 c_1 が c_{11} から c_{13} へと増大する。すなわち立設角度 θ_d が鋭角（ θ_{d3} ）になるほど側壁距離 c_{13} の長さが増し、その分耐

圧を確保することが容易となるのが分かる。

【0036】ここで、立設角度 θ dを 60° にすると図4に示すように、開口端部31から多孔質シリコン層端33までの距離a1(=膜厚a)、上壁距離b1、側壁距離c1がそれぞれ等しい正三角形に設定できる。この場合の多孔質シリコン層4の膜厚aと表面距離b(=b1+c1)の比 $b/a = (b1+c1)/a$ は2となり、十分な耐圧を確保することが可能となる。

【0037】基板1にこのような立設角度 θ dで凸部11を作り込むには、ドライエッチング(RIE等)の異方性エッチングを用いることで作製することが可能である。例えば、エッチングガスを $SF_6 + CCl_4$ (四塩化炭素)等の混合ガスとし、そのガス比を変えることで立設角度 θ dを鋭角にも鈍角にも加工することができる。 $SF_6 : CCl_4 = 27 : 3$ (体積比)の混合ガスとし、RFパワー300Wでエッチングすると立設角度 θ dはほとんど垂直になるが、 CCl_4 の流量を減らしていくと立設角度 θ dは鋭角となっていく。これによりガス流量比を選択することで立設角度 θ dを任意の角度に加工することが可能である。

【0038】これにより、多孔質シリコン層4の最適な膜厚a、上壁距離b1、立設角度 θ dは、 $a \geq b1$ 、 $\theta d = 60^\circ \sim 90^\circ$ を満たすことにより、表面距離bを十分に長く取ることができその分耐圧を確保することができる。

【0039】

【実施例2】本実施例2では、表面側にポリシリコン層を有するシリコンからなる基板1(シリコン基板/ポリシリコン構成の基板)が用いられる。この基板1のポリシリコン層は凸型に加工され、凸部11は絶縁性薄膜3にて囲まれており、その絶縁性薄膜3は選択された部分に開口部6が設けられている。この開口部6は、陽極酸化するための窓となるため、適切な設計によって作製される。

【0040】絶縁性薄膜3に開口された開口部6を通してポリシリコン層(凸部11)が陽極化成、酸化され、この凸部11には多孔質ポリシリコン層4が形成される。ここで、この基板1の裏面は電極となるので、抵抗率を小さくすることが必要となるが、多孔質ポリシリコン層4となるポリシリコンの抵抗率は陽極化成時の電流-電圧値の関係から適切な抵抗値を用いる必要がある。

【0041】本実施例2によれば、シリコン基板/ポリシリコン構成の基板を用いることで、それぞれに合った抵抗率の基板1となり、電荷放出素子の効率を向上させることが可能となる。また、このような構成の電荷放出素子においても、凸部を設けることで基板1と薄膜電極5間の耐圧を確保できるため効率の高い電荷放出素子を実現することが可能となる。

【0042】

【実施例3】本実施例3では、絶縁性基板/裏面電極/

ポリシリコンからなる構成の基板表面(ポリシリコン表面)を凸型に加工し、凸部は絶縁性薄膜3にて囲まれており、絶縁性薄膜3は選択された部分に開口部6が設けられている構造を有している。この開口部6は、陽極酸化するための窓となるため、適切な設計によって作製される。

【0043】絶縁性薄膜3に開口された開口部6を通してポリシリコン部を陽極化成、酸化が施され多孔質ポリシリコン層4が形成される。

【0044】このような構成とすることで面積化が可能となり、例えばA4版やA3版に対応するものも一体で作製することが可能となる。

【0045】このような構成の電子放出素子においても、凸部を設けることで裏面電極と薄膜電極間の耐圧を確保できるため効率の高い電子放出素子を実現することが可能となる。

【0046】

【実施例4】本実施例は、高分子樹脂により絶縁性薄膜3を形成する例である。絶縁性薄膜3に求められる特性は、酸や有機溶剤に不溶であり、シリコンとの密着性が大で、絶縁性耐圧が高く、経時劣化が少ないものがよい。

【0047】このような高分子樹脂は、例えばフोटニス(商品名:東レ)のようにポリイミド樹脂に感光性を持たせたもの等が挙げられる。感光性のポリイミド樹脂は、フォトリソ工程によりパターンニングできるため量産性が優れている。また、ポリイミド樹脂は半導体チップのパッシベーション膜としても使われているもので、水分の浸透を防ぐことができるので素子の劣化を防ぐことができる。

【0048】以下に、作製方法の一例を示す。

【0049】1. シリコン基板に凸部を作製する。

【0050】2. 高分子樹脂を塗布し、周囲を絶縁薄膜3とすることにより凸部11の選択した部分に開口部6からなる窓を開ける。

【0051】3. 窓から陽極化、酸化を行い多孔質シリコン層4を作製する。

【0052】4. 開口部6に薄膜電極形成する。

【0053】5. 基板の裏面に裏面電極2を形成する。

【0054】1~5の工程はシリコン基板を多孔質シリコン層4にする工程であるが、面積化の場合は、5.の裏面電極の形成工程が異なるだけで、他の工程は同様に行うことができる。

【0055】このように、絶縁性薄膜3を高分子樹脂とすると、塗布工程がスピナー塗布やスプレー塗布を用いることができるため、図4に示すような凸部の底面と側壁の角度(立設角度)が鋭角なものでも被覆性の良い絶縁性薄膜3を形成することができる。

【0056】

【実施例 5】本実施例 5 は、絶縁性薄膜 3 をシリコン酸化膜、シリコン窒化膜、シリコン酸化窒化膜、酸化タンタル膜のいずれかの膜とした例である。

【0057】高分子樹脂を絶縁性薄膜 3 とする場合に、絶縁性薄膜 3 にかける温度は高々 400℃程度であるため、陽極化工程後の酸化には化学的な方法による酸化しか用いることができない。この他の酸化方法として急速熱酸化 (RTO: Rapid Thermal Oxidation) があり、この急速熱酸化は、900℃～1000℃程度の温度下での酸化が行われる。

【0058】絶縁性薄膜 3 をシリコン酸化膜、シリコン窒化膜、シリコン酸化窒化膜、酸化タンタル膜のいずれかの膜としたことでこのような高温にも耐え得る絶縁性薄膜 3 となる。また、これらの絶縁性薄膜 3 はいずれもスパッタで成膜することができるため、図 4 に示されるような凸部の底面と側壁の立設角度 θd が鋭角なものでも被覆性の良い絶縁性薄膜 3 となる。

【0059】以上により形成された電子放出素子は、電子写真装置等の画像形成装置の帯電装置に応用することができる。また、この帯電装置は、コロトロン帯電器やスコロトロン帯電器もしくはローラー帯電器やブラシ帯電器等の帯電器よりも小さい（特に膜厚を薄くできる）ため、このような帯電装置を感光体の帯電に用いることにより、電子写真装置自体のコンパクト化が実現できる。

【0060】また、他の帯電器と比較して帯電効率が高いので、電源をも小さくすることが可能となるので低コスト化を実現することが可能となる。さらに、オゾンや NO_x を発生させないので人体への悪い影響を及ぼさな

【0061】

【発明の効果】請求項 1 記載の発明によれば、シリコン表面が凸形状に加工され、凸部が絶縁性薄膜にて囲まれ、絶縁性薄膜は凸部の選択された部分に開口部が設けられている構造を有しており、開口部からの陽極酸化によって多孔質シリコン層を形成されているため、多孔質シリコン層の表面方向の耐圧が確保されるとともに設計の自由度を向上できる。

【0062】請求項 2 記載の発明によれば、請求項 1 記載の多孔質シリコン層は、前記開口部表面のシリコン又はポリシリコンからの陽極酸化により形成することができる。

【0063】請求項 3 記載の発明によれば、請求項 2 記載の基板は、①シリコン表面が凸形状に加工されているか、②表面にポリシリコンが堆積されたシリコン基板において前記ポリシリコンが凸形状に加工されているか、又は③絶縁性基板上に裏面電極及びポリシリコンが堆積された基板において前記ポリシリコンが凸形状に加工されているものを用いることができる。

【0064】請求項 4 記載の発明によれば、多孔質シリコン層の膜厚を a 、開口部のエッジから凸部のエッジまでの前記絶縁性薄膜で覆われた多孔質シリコン層の距離を b_1 、凸部の段差を c とした場合、 $a > b_1$ 、 $a \leq c$ を満たしている請求項 1～請求項 3 記載の電子放出素子としたことで、多孔質シリコン層の表面方向の耐圧が確保されるとともに設計の自由度を向上できる。

【0065】請求項 5 記載の発明によれば、多孔質シリコン層の膜厚を a 、開口部のエッジから凸部のエッジまでの前記絶縁性薄膜で覆われた多孔質シリコン層の距離を b_1 、凸部の段差を c とした場合、 $b_1 = a \times \sin 45^\circ$ 、 $a \leq c$ を満たしている請求項 1～請求項 3 記載の電子放出素子としたことで、多孔質シリコン層の表面方向の耐圧が確保されるとともに設計の自由度を向上できる。

【0066】請求項 6 記載の発明によれば、多孔質シリコン層の膜厚を a 、開口部のエッジから凸部のエッジまでの前記絶縁性薄膜で覆われた多孔質シリコン層の距離を b_1 、凸部の底面と側壁の角度を θd とした場合、 $a \geq b_1$ 、 $\theta d = 60^\circ \sim \text{略 } 90^\circ$ を満たしている請求項 1～請求項 4 記載の電子放出素子としたことで、多孔質シリコン層の表面方向の耐圧が確保されるとともに設計の自由度を向上できる。

【0067】請求項 7 記載の発明によれば、絶縁性薄膜は高分子樹脂からなる請求項 1～請求項 6 記載の電子放出素子であるため、素子の劣化防止に優れると共に量産性に適している。

【0068】請求項 8 記載の発明によれば、絶縁性薄膜はシリコン酸化膜、シリコン窒化膜、シリコン酸化窒化膜、酸化タンタル膜のいずれかからなる請求項 1～請求項 6 記載の電子放出素子としたことで耐熱性を向上できるため、酸化手法の選択幅を増やすことができる。

【0069】請求項 9 記載の発明によれば、請求項 1～請求項 8 記載の電子放出素子を帯電器として用いた画像形成装置としたことで、装置の小型化を実現できると共にオゾン、 NO_x が発生しないので自然に優しい画像形成装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 図 1 (a)～(c) は、本発明の実施の形態に係る電子放出素子の構成を説明する図である。

【図 2】 本発明の実施の形態に係る電子放出素子の構成を説明する部分拡大図である。

【図 3】 本発明の実施の形態に係る電子放出素子の多孔質シリコン層を説明する部分拡大図である。

【図 4】 本発明の実施の形態に係る電子放出素子の多孔質シリコン層を説明する部分拡大図である。

【図 5】 本発明の実施の形態に係る電子放出素子の電子放出機構を説明する図である。

【図 6】 本発明の実施の形態に係る電子放出素子の電子放出機構を説明する図である。

【図7】 比較となる電子放出素子の構成を説明する図である。

【図8】 図7の電子放出素子の多孔質シリコン層を説明する部分拡大図である。

【符号の説明】

1 基板（シリコン基板）

1 a 表面

2 裏面電極

3 絶縁性薄膜

4 多孔質シリコン層

5 薄膜電極

6 開口部（陽極酸化用窓）

* 1 1 凸部

1 1 b 側壁

3 1 開口部端

3 2 凸部エッジ

3 3 多孔質シリコン層端

a (= a 1) 膜厚

b 表面距離

b 1 上壁距離

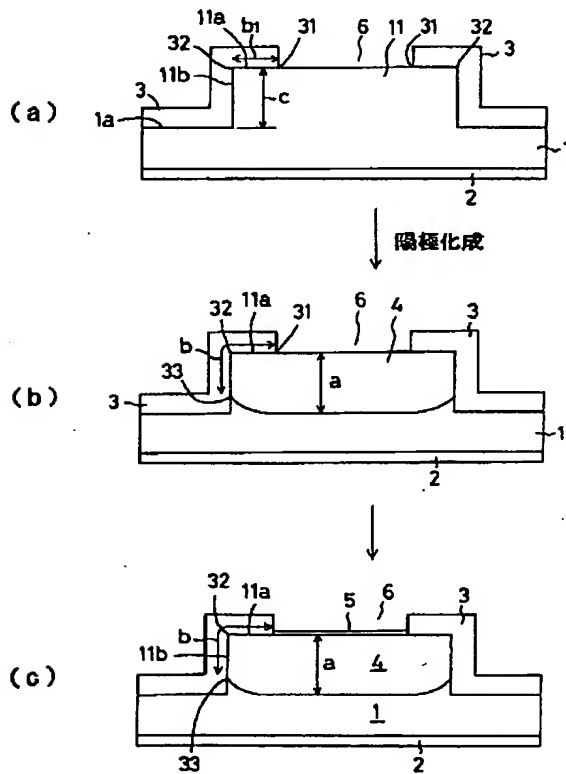
c 凸部段差

10 c 1 側壁距離

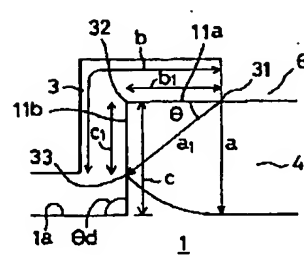
θ 侵食角度

* θ d 立設角度

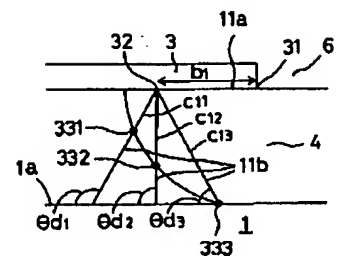
【図1】



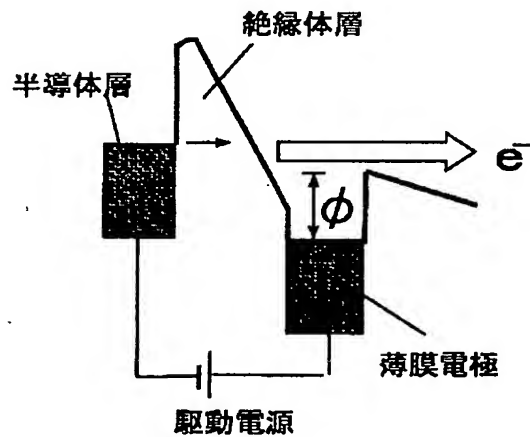
【図2】



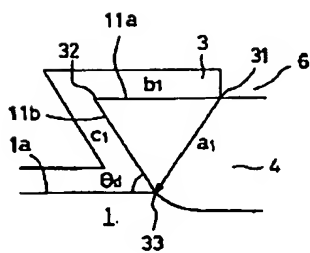
【図3】



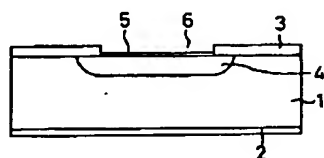
【図5】



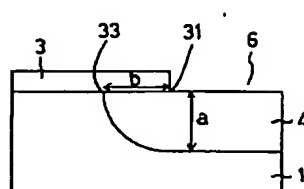
【図4】



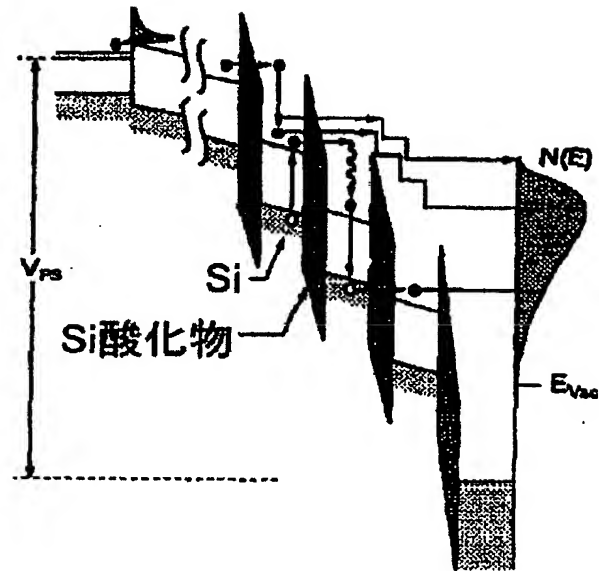
【図7】



【図8】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 近藤 浩
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

Fターム(参考) 2H200 FA07 HA11 HA28 HB14 HB45
MA04 MA08